

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE UM SECADOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

Patrícia Alves Pereira - patricia.alvesper@gmail.com

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Engenharia de Energia.

Prof.^a Dra. Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra - fkv@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Comunicação e Automação, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Engenharia de Energia

Gregory Luid Souza Santiago - luidsantiago@gmail.com

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Comunicação e Automação

Resumo. *Apresenta-se a construção de um secador solar de baixo custo, aplicado na cidade de Mossoró/RN, sendo este de exposição direta por convecção natural. Tendo como principal objetivo a utilização de materiais alternativos, a fim de torná-lo mais acessível e de fácil processo de construção e manutenção. O secador solar confeccionado é composto por aço 1020; tela de viveiro; placa de isopor, com a função de isolante térmico; e cobertura transparente de vidro. Para as análises de desempenho do secador solar foram realizados dois experimentos distintos utilizando abacaxi, banana e tomate, sendo dois dias para cada experimento, totalizando 10 horas de secagem. A partir dos dados obtidos durante os experimentos realizados, notou-se a boa eficiência do desempenho do secador solar proposto, quando comparado a outros trabalhos realizados, tornando-se viável a utilização deste projeto na cidade e apresentando sua importância para o ambiente social e econômico da região.*

Palavras-chave: *Secador Solar, Energia Solar Térmica, Materiais Alternativos*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com um estudo realizado pela IBRAF (2012), o Brasil se destacou mais uma vez em sua cadeia produtiva de frutas, como um dos mais importantes segmentos econômicos do agronegócio brasileiro, sendo o 3º maior produtor de frutas frescas do mundo, com estimativas de produção em torno de 43,6 milhões de toneladas. A fruticultura brasileira é uma atividade altamente sustentável, pois está alicerçada em pequenas e médias propriedades gerando alta demanda de mão-de-obra. O setor ainda proporciona emprego e renda em regiões em que antigamente era visto pela sua pobreza e seca, e que no momento atual com a implantação de sistemas de irrigação, grandes empresas e pequenos produtores podem cultivar frutas de qualidade.

Considerando que a maioria das frutas são alimentos muito perecíveis, a desidratação apresenta-se como uma ótima alternativa para o aproveitamento do excedente da produção e comercialização da fruta in natura, além de estar disponibilizando ao consumidor, uma mercadoria de sabor diferenciado e que, por ser menos perecível, pode ser comercializado em qualquer período do ano (TEIXEIRA, 2014).

Segundo Souza *et al* (2007), a desidratação de frutas é um mercado com grande potencial de crescimento e muito pouco explorado empresarialmente no Brasil. Diversos fatores contribuem para esse pequeno mercado, como a oferta de frutas frescas durante todo o ano, reduzindo com isso o hábito de se consumir frutas secas ou desidratadas. Um outro fator muito importante é que a produção de frutas secas o Brasil, esteve concentrada, nos últimos anos, principalmente em banana passa sendo a produção, na maioria das vezes, realizada em escala artesanal. Além disso, a falta de marketing do produto, a pouca atratividade devido a coloração escura e a falta de padrão de qualidade não permitiram o desenvolvimento deste mercado.

Diante da alta produção de frutas no Brasil e seu alto potencial de radiação, principalmente no nordeste brasileiro, a aplicação da energia solar, onde esta é convertida em energia térmica, para a secagem de frutas é importante tanto para o meio ambiente como para o setor socioeconômico, pois com este tipo de secagem se torna possível conservar os alimentos por um período maior, fazendo com que o agricultor não tenha tanto desperdício e ainda possa aumentar o valor de venda do produto.

O método mais antigo de secagem de frutas refere-se à exposição direta dos alimentos aos raios solares, ou seja, expostas às intempéries do clima e até mesmo suscetíveis a insetos e pragas.

Os alimentos podem ser desidratados no secador solar, através de secagem de exposição direta ou indireta. Quando os alimentos são dispostos no secador solar a secagem é considerada direta, pois estão expostos diretamente aos raios solares. Diferente deste tipo de secagem, a secagem de exposição indireta, trata-se de uma secagem mais controlada, com os alimentos a secar dispostos na câmara de secagem. Em ambos os casos pode-se trabalhar em convecção natural ou forçada (NETO, 2008).

Neste trabalho apresenta-se um sistema de secador solar de exposição direta com funcionamento por convecção natural, constituído de materiais alternativos, ou seja, materiais de baixo custo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A secagem é um dos métodos mais antigos que se conhece para promover a conservação de produtos orgânicos. Ela permite armazenamento por vários anos à temperatura ambiente, sem o prejuízo das propriedades biológicas do produto armazenado e consequentemente de sua qualidade (BEZERRA, 2001).

A secagem se baseia na principal forma de conservação de alimentos. Este processo além de manter as características do produto natural, dificulta o crescimento de microorganismos que podem promover a deterioração da fruta. Com a diminuição da umidade, reduzem-se os custos de transporte e embalagem, assim como se necessita de menor área para armazenamento do produto, além de agregar valor à matéria-prima (MATOS, 2007).

De acordo com Matos (2007), o país pioneiro na criação de máquina de desidratar frutas e vegetais por meios não naturais, foi a França em 1795. Porém, Neto (2008) diz que ainda não há registros sobre a origem da técnica de desidratação, mas sabe-se que os primeiros grandes impulsos ao desenvolvimento da indústria de legumes e hortaliças desidratados ocorreram durante as Grandes Guerras Mundiais.

No Brasil, embora ainda em quantidade quase insignificante, os processos de desidratação são encontrados com maior frequência na indústria de laticínios e na secagem de grãos e sementes, sendo geralmente utilizados combustíveis fósseis, lenha e eletricidade como fonte de calor (NETO, 2008).

Em 2009 foi construído pela Embrapa um secador solar com o objetivo de facilitar a secagem de produtos agrícolas e madeira. Os primeiros experimentos começaram em 2004, mas como apresentaram deficiências foram feitos estudos até que se chegasse a este novo modelo, que é considerado como único do gênero. Arquitetura inovadora com três câmaras internas, de aquecimento, secagem e desumidificação, feita de madeira, plástico e vidro, facilita atingir a eficiência na secagem e melhorar a qualidade final dos produtos (EMBRAPA, 2009).

A secagem dos alimentos normalmente é realizada em condições ambientais, sem o uso de equipamentos. A desidratação geralmente ocorre sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar que promovem a eliminação da umidade dos alimentos por meio de equipamentos (SPOTO, 2006 apud SILVA, 2010).

No caso do secador de exposição direta, os produtos são colocados em telas, normalmente metálicas, e de acordo com o tipo de produto são colocados já descascados, em fatias ou em rodela, para uma melhor desidratação, na qual esta tela é colocada dentro da caixa do secador coberta por vidro, onde a radiação solar atinge diretamente os produtos expostos, e com isso também aumenta a temperatura da caixa, fazendo com que ocorra a vaporização d'água dos produtos, ocorrendo assim a desidratação. De acordo com uma consulta realizada pela web site da empresa Defumax o custo de uma máquina para a secagem de frutas custa a partir de R\$1.800,00. Com o objetivo principal de tornar os secadores solares economicamente mais acessíveis, principalmente para aqueles que não dispõem de renda elevada para possuir tais desidratadores, estuda-se a construção de secadores de baixo custo, com a substituição de materiais convencionais por alternativos que não prejudiquem o processo de secagem do produto.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O secador solar foi instalado e analisado na UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, situado na cidade de Mossoró - RN.

A cidade de Mossoró possui um clima semiárido seco, muito quente e com estação chuvosa no verão e no outono. Sua temperatura média anual é de 27,6°C, podendo variar entre 22,8°C e 33,5°C. Mossoró encontra-se próxima à linha do Equador, e desta forma, quase não se observa alterações nos dias de sol ao longo de um ano. Em linhas gerais, a cidade está localizada na mesorregião oeste (37°20' de longitude Oeste e 5°11' de latitude Sul) do Estado, com uma altitude média de 18 m acima do nível do mar e situada a 280 km da capital potiguar (LEITÃO et al., 2000 apud GUERRA, 2012).

O secador solar produzido possui 65 cm de comprimento interno, 31 cm de largura interna e 30 cm de altura interna. Para sua confecção foram utilizados os seguintes materiais:

- Estrutura: confeccionada com aço 1020 tendo uma inclinação de 15,1°, para um melhor aproveitamento da radiação solar, e com aberturas na lateral para circulação da ventilação;
- Isolante térmico: usado uma placa de isopor, para minimizar as perdas de temperatura para o ambiente externo;
- Chapa absorvedora: utilizado tela de viveiro, principal componente do secador solar responsável pela absorção e transferência de energia para o produto;
- Cobertura transparente: usado vidro de 4 mm, que tem como função aumentar a temperatura no interior do secador.

O sistema solar proposto, mostrado na Fig. 1, foi desenvolvido para trabalhar em convecção natural e foram realizados dois experimentos para este sistema. O Experimento I sendo realizado em dois dias consecutivos, com abacaxi, tomate e banana pacovan e o Experimento II, com abacaxi, tomate e banana prata. Para análise da viabilidade do sistema, foram feitas coletas de dados da radiação solar global, temperatura na entrada e saída do ar e temperatura do

vidro, assim como as massas iniciais e finais dos alimentos. Todas as coletas foram realizadas de 11h às 15h em intervalos de 1h.

Com o secador solar instalado no local de pesquisa e direcionado para o norte geográfico, foi mensurada a radiação solar com o auxílio do medidor de radiação colocado na mesma posição do secador, posteriormente, com o multímetro em sua função de termômetro e acoplado ao termopar tipo K, foram medidas as temperaturas em três locais do secador solar proposto. Após os processos de medição de temperatura e radiação, os alimentos foram pesados separadamente de acordo com o tipo de fruta, a cada 1h, com o intuito de analisar a perda de massa.

Conforme supramencionado, cada experimento foi realizado durante dois dias consecutivos. Sendo assim, de acordo com Costa (2010) os alimentos deveriam ser colocados em um dessecador ao término do experimento diário, para conservar sua umidade. Porém, diante da falta desta ferramenta, os alimentos foram colocados na geladeira para que não ocorresse a criação de microorganismos devido à presença de água elevada no primeiro dia.

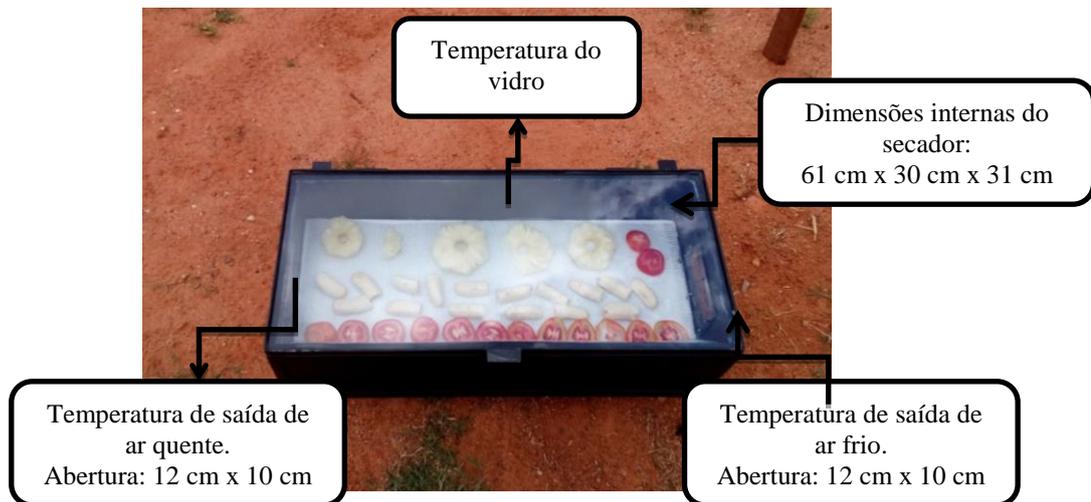


Figura 1 - Secador solar desenvolvido e os locais de medição da temperatura.

Fonte: PEREIRA (2015).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os ensaios realizados para o Experimento I, com o abacaxi, tomate e banana pacovan, apresentaram valores significativos tanto de radiação, temperaturas e de percentual de massa úmida de cada alimento. Como mostrado na Tab. 1, foram analisados os seguintes resultados:

Tabela 1 - Dados do Experimento I.

EXPERIMENTO I								
Data	Hora	Abacaxi Massa (g)	Tomate Massa (g)	Banana Pacovan Massa (g)	Te (°C)	Ts (°C)	Tv (°C)	I (W/m ²)
27/04	11:00	183,0	157,0	181,0	33	31	31	1413
27/04	12:00	178,8	146,8	174,8	36	33	34	1442
27/04	13:00	155,7	126,2	164,5	38	36	35	1323
27/04	14:00	137,5	109,4	159,9	34	32	33	1067
27/04	15:00	131,2	103,4	155,2	30	29	30	124,7
28/04	11:00	126,7	91,9	151,3	31	29	30	1335
28/04	12:00	108,4	73,9	137,3	34	32	30	1350
28/04	13:00	87,4	56,2	117,1	38	36	34	1138
28/04	14:00	77,7	43,6	99,9	37	34	36	840,2
28/04	15:00	65,9	-	94,7	31	30	29	115,5

Fonte: PEREIRA (2015).

- Abacaxi: com 10 horas de secagem apresentou um percentual de 36% da massa úmida inicial, de acordo com a literatura de Costa (2010), este alimento deveria ter um percentual entre 15% e 25% com 30 horas de secagem;
- Tomate: com 9 horas de secagem apresentou um percentual de 27,8% da massa úmida inicial, de acordo com a literatura deveria ter um percentual entre 15% e 30% com 9 horas de secagem. Dessa forma, os valores alcançados estão em consonância com os recomendados por Neto (2008);

- Banana Pacovan: com 10 horas de secagem apresentou um percentual de 52% da massa úmida inicial, de acordo com a literatura de Costa (2010), este alimento deveria ter um percentual entre 15% e 25% com 20 horas de secagem;
- Os valores obtidos de temperatura e radiação solar mostraram a viabilidade e o ótimo desempenho térmico do secador solar desenvolvido.

Após o processo de secagem notou-se que a banana pacovan apresentou uma consistência amolecida e coloração escura, apresentado na Fig. 2. Diante desse fato, foi realizado o Experimento II, com o intuito de testar outro tipo de banana no processo de secagem para dados comparativos.



Figura 2 - Experimento I.
Fonte: PEREIRA (2015).

Assim como no experimento I, este foi realizado com os mesmos tipos de alimentos, com exceção da banana, que a fim de verificar o comportamento de secagem para outro tipo será utilizada a banana prata. Os ensaios realizados para o experimento II, também apresentaram valores significativos tanto de radiação, temperaturas e de percentual de massa úmida de cada alimento. Como mostrado na Tab. 2, foram analisados os seguintes resultados:

Tabela 2 - Dados do Experimento II.

EXPERIMENTO II								
Data	Hora	Abacaxi Massa (g)	Tomate Massa (g)	Banana Prata Massa (g)	Te (°C)	Ts (°C)	Tv (°C)	I (W/m ²)
29/04	11:00	183,0	157,0	181,0	31	32	32	1009
29/04	12:00	178,3	146,5	172,7	33	34	34	1477
29/04	13:00	159,1	124,5	154,6	36	34	35	1257
29/04	14:00	145,7	102,9	147,0	38	36	37	1035
29/04	15:00	138,1	99,4	137,4	35	33	34	480
30/04	11:00	134,0	95,8	136,6	31	30	30	1125
30/04	12:00	113,3	72,3	128,1	35	33	34	1227
30/04	13:00	89,8	44,5	101,6	39	36	38	1253
30/04	14:00	80,0	-	94,1	40	38	38	1039
30/04	15:00	75,8	-	91,3	33	32	33	289

Fonte: PEREIRA (2015).

- Abacaxi: com 10 horas de secagem apresentou um percentual de 41,4% da massa úmida inicial, de acordo com a literatura de Costa (2010), este alimento deveria ter um percentual entre 15% e 25% com 30 horas de secagem;
- Tomate: com 8 horas de secagem apresentou um percentual de 28,3% da massa úmida inicial, de acordo com a literatura deveria ter um percentual entre 15% e 30% com 9 horas de secagem. Dessa forma, os valores alcançados estão em consonância com os recomendados por Neto (2008);

- Banana Pacovan: com 10 horas de secagem apresentou um percentual de 50,44% da massa úmida inicial, de acordo com a literatura de Costa (2010), este alimento deveria ter um percentual entre 15% e 25% com 20 horas de secagem;
- Os valores obtidos de temperatura e radiação solar mostraram a viabilidade e ótimo desempenho térmico do secador solar desenvolvido.

Como o enfoque principal do Experimento II foi realizar os testes com outro tipo de banana para observar se seriam obtidos resultados melhores, no aspecto visual, pois conforme havia sido informado anteriormente a banana pacovan utilizada no Experimento I, apresentou consistência amolecida e de aspecto muito úmido, o objetivo proposto foi alcançado. Dessa forma, diante das observações, para este tipo de secagem, é aconselhado a utilização da banana prata, pois, apresenta consistência mais seca, uma coloração agradável, como pode ser observado na Fig. 3, e o sabor adocicado, comparado com a banana pacovan.



Figura 3 - Experimento II.
Fonte: PEREIRA (2015).

5. CONCLUSÃO

O secador solar desenvolvido apresentou resultados satisfatórios para sua aplicação na cidade em estudo, no caso, de Mossoró - RN. Sendo viável e de grande importância para produtores de frutas, visto que este tipo de secagem reduz os desperdícios dos alimentos, além de agregar valor aos produtos e oferecer um produto diferenciado.

Diante dos percentuais de massa úmida obtidos durante os dois experimentos pode-se concluir que com apenas 1/3 do tempo apontado pela literatura de Costa (2010), o abacaxi atingiu valores próximos aos esperados, no caso, entre 15% e 25%. Para o tomate, os dados não só atingiram os valores de referência, entre 15% e 25%, de acordo com Neto (2008), como se mostraram mais eficiente, no caso do experimento II, onde o percentual de massa úmida desejado foi alcançado com apenas 8 horas de secagem. No caso dos dois tipos de bananas utilizadas, seriam necessários no mínimo o dobro de tempo utilizado para que estes frutos se aproximassem do valor de percentual de massa úmida apontado pela literatura. Mas, comparando as duas bananas utilizadas a banana prata se mostrou mais propícia à utilização para este tipo de secagem, devido a coloração e consistência melhor do que a banana pacovan.

Os dados obtidos durante os experimentos mostraram a funcionalidade e a importância do secador solar, embora os experimentos com os dois tipos de bananas e o abacaxi não terem alcançado os valores de acordo com a literatura, onde este resultado foi interferido devido a quantidade de horas do experimento.

Comparado a outros trabalhos efetuados nesta mesma linha de pesquisa, os dados obtidos das massas finais e do percentual de massa úmida presentes nos alimentos se mostraram satisfatórios. Outro fator satisfatório desse sistema foi a simplicidade do processo de montagem e manutenção do secador solar, que o torna de fácil acesso para a população de baixa renda, assim como seu custo de fabricação em torno de 10 vezes mais barato do que um convencional.

REFERÊNCIAS

- Bezerra, Arnaldo Moura. Aplicações Térmicas da Energia Solar. 4. ed. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2001.
- Costa, João Batista Sousa. Obtenção e Caracterização de Farinha de Frutas e Vegetais através do uso de um Sistema de Secagem Solar de Baixo Custo. 74 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Secador solar para produtos agroflorestais. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2009/secador-solar-para-produtos-agroflorestais>>. Acesso em: 25 ago. 2014.
- Guerra, M. I. S. Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo na cidade de Mossoró - RN. 2012. 98 f. Dissertação (Monografia em Engenharia de Energia) - Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2012.
- Ibraf - Instituto Brasileiro de Frutas. Panorama da Cadeia Produtiva das Frutas em 2012 e Projeções para 2013. Brasília, 2013. Disponível em: <www.todafruta.com.br/noticia_anexo_arquivo.php?id=39>. Acesso em: 21 ago. 2014.
- Matos, Eduardo H. S. F. Dossiê Técnico: Processamento de Frutas Desidratadas. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília - CDT/UnB, 2007. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjA2>>>. Acesso em: 26 jul. 2014.
- Neto, Hermínio J. L. Obtenção de Tomate Seco através do Uso de um Sistema Solar Alternativo de Baixo Custo. 2008. 80 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, natal, 2008.
- Pereira, Patrícia Alves. Construção e análise de um secador Solar de baixo custo na cidade de Mossoró - RN. 2015. 68 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
- Silva, Idelfonso Generôzo da. Viabilidade Técnica e Econômica de Secadores Solar e Elétrico na Desidratação de Bananas no Estado do Acre. 2010. 110 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Acre, Rio Branco, 2010.
- Souza, L; Mendes, J; et al. Obtenção de Tomate Seco através do Uso de um Sistema Solar Alternativo de Baixo Custo. In: 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, 2007, Cusco. Anais... Cusco, 2007.
- Teixeira, Silvana. Frutas desidratadas: uma atividade comercial em plena expansão no Brasil. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/frutas-desidratadas-uma-atividade-comercial-em-plena-expansao-no-brasil>>. Acesso em: 29 ago. 2014.

CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF A SOLAR DRYER LOW COST

Abstract. *A low cost solar dryer construction is presented, applied in Mossoró/RN, being this of direct exposure by natural convection, having as main goal the utilization of alternative materials, with purpose of making it more accessible with easy manufacturing and maintenance. The solar dryer is made of 1020 steel; seedbed screen; a polystyrene plate, used as a thermal insulation; and transparent glass cover. For performance analysis it was done two distinct experiments using pineapple, banana and tomato, with two days for each one, at a total of 10 drying hours. Based on the results acquired during these experiments, it was noticed the good performance efficiency of the solar dryer proposed, compared to others performed works, becoming viable for using in the city, and showing your significance for the region's economic and social environment.*

Key words: *Dryer Solar, Solar Thermal Energy, Alternative Materials Solar Energy*